

УДК.628.16.08

В.А. Бржезицкий, д-р техн. наук, Я.А. Гаран, М.В. Драпей, Л.А. Косоголова, канд. техн. наук, П.П. Лошицкий, д-р техн. наук, В.А. Лобатенко, А.В. Струтинская

## Очистка сточных вод биотехнологического производства физическими методами

Проведены экспериментальные исследования по очистке сточных вод дрожжевого производства с использованием различных физических факторов. Показано, что физическими факторами нетепловой интенсивности удается только затормозить развитие микроорганизмов, но не получить полную гибель популяции. В связи с этим исследован электрогидравлический эффект, позволивший реализовать 100% гибель микроорганизмов.

The paper discusses methods of influence to the microorganisms in real wastewater on the example of yeast production. Individual attention attended in the work to the consideration of existing wastewater treatment using physical force, but also considered one of the most progressive methods of influence on the yeast - electro shock. The relevance of experiments in the field of wastewater treatment and the search for new methods associated with increased rates of water pollution.

### Введение

Проблема охраны окружающей среды, в том числе и очистка сточных вод, является одной из наиболее серьезных, поскольку потребность населения в достаточном количестве воды необходимого качества всегда будет жизненно важной. В воде поверхностных водоемов вместе с примесями природного происхождения имеются различные по составу химические загрязнения (пестициды, фенолы, нефтепродукты, соли тяжелых металлов и прочее), что обусловлено сбросом в водоемы недостаточно очищенных производственных и бытовых сточных вод. Технологии и оборудование, которые применяются в настоящее время для обработки воды, далеко не всегда обеспечивают необходимую меру очистки и обеззараживания водных сред. Среди отраслей промышленности, которые сбрасывают значительное количество сточных вод, загрязненных органическими веществами, одно из первых мест занимают биотехнологические производства. Известно, что сточные воды дрожжевого производства наиболее загрязнены органическими веществами, которые влияют на флору и фауну природных водоемов [1].

В настоящее время применяются различные методы очистки сточных вод: механические, химические, биологические и физические [2].

Механические методы не обеспечивают необходимую эффективность очистки.

Среди химических методов, которые применяются на дрожжевом производстве, наиболее распространены обработка известковым молоком, хлорной известью, хлорным железом, сернокислым аммонием, глиноземом.

Недостатком химических методов является использование больших доз реагентов и невозможность поддерживать их необходимую концентрацию.

Сточную воду можно очищать с помощью биофильтров, аэротенков, метантенков, активного ила.

В аэротенках содержание органических веществ уменьшается на 88...95%, но для очистки необходимы большие объемы ( $600\text{ м}^3$ ), которые требуют значительных капиталовложений для строительства.

Очистка сточных вод активным илом снижает концентрацию органических загрязнений до 40%, но при длительном времени аэрации.

Альтернативой реагентных способов очистки сточных вод могут быть физические методы, в частности, электромагнитные, под действием которых в электрохимических процессах многие токсичные вещества изменяются и превращаются в другие, менее токсичные, имеющие малую растворимость в воде и выпадающие в осадок [3].

Целью настоящей работы является исследование влияния различных физических факторов, позволяющих значительно уменьшить жизнедеятельность или приводить к гибели микроорганизмов сточных вод дрожжевого производства.

### Материалы и методы

Исследования проводились на образцах сточных вод дрожжевого производства. Обработка по-следрожевой барды проводилась низкоинтенсивными (нетепловыми) уровнями мощностей следующих физических факторов:

**ультразвуковое излучение** - прибора "SONAR-B 11".

- мощность непрерывного режима – 0,3, 0,5, 0,7 Вт;
- частота – 847 кГц;

**переменное магнитное поле** – прибор МС-92,

- частота импульсов ( меандр) – 50 Гц;
- интенсивность магнитной индукции – 50 и 75 мТл;

**низкочастотное поле** – генератор импульсов Г5-54.

- частота импульсов (меандр) – 100 кГц;
- амплитуда импульсов – 3 и 5 В;

**КВЧ-излучение** – прибор "Оратория 4М"; прибор "Оратория - 7".

- полоса частот - 57...68 ГГц, 70...110 ГГц соответственно;
- интегральная мощность –  $10^9$  Вт,  $8 \cdot 10^9$  Вт соответственно;
- частота модуляции - 4...12 Гц, отсутствует соответственно.

Обработка последножевой барды мощными импульсами тока проводилась на установке для исследования электрогидравлического эффекта, в состав которой входит генератор импульсов тока ( ГИТ ) на 100 кА разрядной цепи, а также герметичная камера с водой.

Схема установки состоит из ГИТ, генератора поджига ( ГП ) и генератора синхронизирующих импульсов ( ГСИ ). ГИТ собран на конденсаторах емкостью 12 мкФ. Рабочее напряжение батареи конденсаторов находится в диапазоне 3...26 кВ. Управление установкой осуществляется со специального пульта со встроенными автотрансформаторами, измерительными приборами, коммутационной и защитной аппаратурой, осциллографом типа ОВ-2 и генератором стандартных сигналов ( ГСС ) для градуировки осцилограмм по времени [4].

Электрогидравлический эффект ( ЭГЭ ) [5] – новый промышленный способ преобразования электрической энергии в механическую, совершающуюся без промежуточных механических звеньев, с высоким КПД. Сущность этого способа состоит в том, что внутри объема жидкости, находящейся в открытом или закрытом сосуде, при специально сформированном электрическом импульсном ( искровом, кистевом и других форм ) разряде вокруг зоны его образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу.

В основе электрогидравлического эффекта лежит явление резкого увеличения гидравлического и гидродинамического эффектов и амplitуды ударного действия при осуществлении импульсного электрического разряда в ионопроводящей жидкости при условии максимального укорочения длительности импульса, максимально крутым фронте импульса и форме импульса, близкой к апериодической. При исследовании использовались импульсы близкие

к прямоугольной форме длительностью 0,2 мс, при фиксированном расстоянии между электродами ( 8 мм ).

Исследование проводили в лабораторных условиях на лабораторных установках. Объектом исследований были сточные воды дрожжевого завода ОАО «Стиролбиотех» ( г. Обухов ). Количество дрожжевых клеток в контрольных образцах было  $120 \cdot 10^5$  кл/мл.

Концентрация микроорганизмов определялась с помошь камеры Горяева. Измерение концентрации проводились в течение 24 часов после воздействия.

### Результаты экспериментов

На рис.1 приведены результаты обработки сточных вод ультразвуковым излучением.

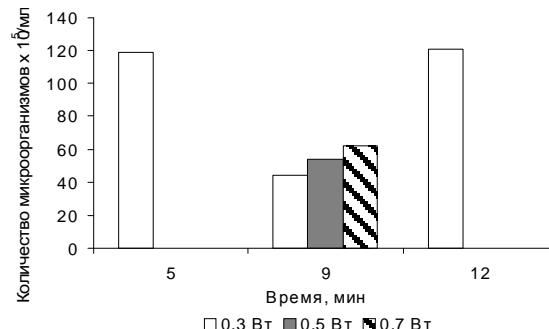


Рис. 1. Результаты обработки сточных вод ультразвуком

Из диаграммы видно, что эффективное уменьшение живых дрожжевых клеток наблюдается в образцах, обработанных излучением, мощность которого составляла 0,3 Вт при времени обработки 9 минут, и составляла 64 %. Практически никаких изменений не наблюдалось в сточной воде обработанной ультразвуком мощностью 0,3 Вт в течение 5 и 12 минут. При обработке барды ультразвуком мощностью 0,5 Вт и 0,7 Вт количество микроорганизмов уменьшилось соответственно на 55 % и 49 % в сравнении с контролем.

Результаты исследований обработки сточной воды переменным магнитным полем представлены на рис. 2.

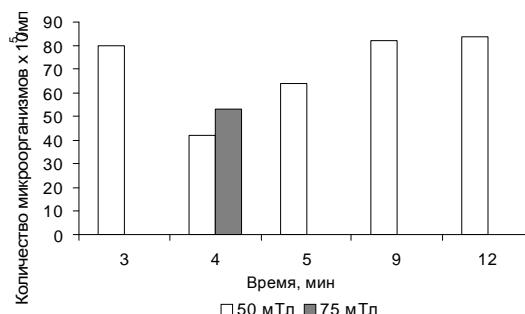
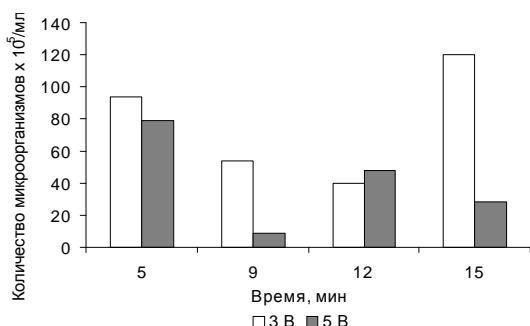


Рис. 2. Результаты магнитной обработки сточной воды

Уменьшение количества живых дрожжевых клеток обнаружено в образце, обработанном полем с интенсивностью магнитной индукции 50 мТл на протяжении 4 минут, и составило 65 %. Также позитивный результат показал образец последрожжевой барды, обработанной магнитным полем интенсивностью 75 мТл – 56 %.

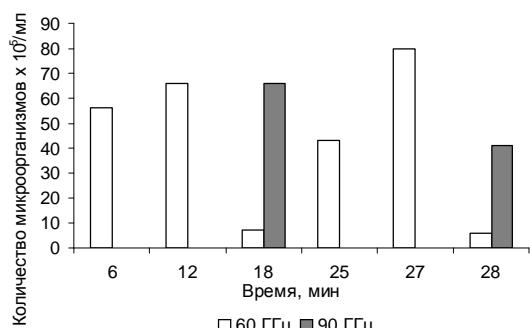
Результаты исследований обработки сточной воды низкочастотным электромагнитным полем представлены на рис. 3.



**Рис. 3. Результаты обработки сточных вод низкочастотным электромагнитным полем**

Наибольшее уменьшение дрожжевых клеток наблюдается при напряженности поля 3 В/см при обработке в течение 12 минут и составляет 67 % от контроля. Обработка барды полем напряженностью 5 В/см в течение того же времени уменьшает количество живых микроорганизмов на 60 %. Без изменений остается образец барды, обработанной напряженностью 3 В/см в течение 15 минут.

Результаты обработки сточных вод излучениями КВЧ – диапазонов представлены на рис. 4.



**Рис. 4. Результаты обработки сточной воды КВЧ – излучениями**

Уменьшение количества живых дрожжевых клеток наблюдается в образце, обработанном КВЧ – излучением в полосе частот 70...110 ГГц в течение 28 минут, и составляет 66 % от контроля. Почти такой же результат получен в полосе частот 57...68 ГГц при обработке в течение 25 минут – на 65 % уменьшение живых дрожжевых клеток в сравнении с контролем.

Так как нетепловые уровни электромагнитных полей не позволили получить 100% гибель дрожжевых клеток в обрабатываемых объемах сточных вод, были проведены исследования влияния мощных импульсов тока на выживаемость микроорганизмов. Следует отметить, что при значительные уровни импульсов тока способствуют не только гибели клеток, но и уничтожению стеклянной тары, в которой находились образцы сточной воды.

По этой причине необходимо было установить уровень минимального напряжения, при котором полностью гибнут дрожжевые клетки. Результаты экспериментов показали, что при электродах с диэлектрической насадкой, концентрирующей поле, полная гибель микроорганизмов достигается при минимальном напряжении 4 кВ. Громоздкость и значительные величины токов лабораторной установки могут быть уменьшены при помощи малогабаритных полупроводниковых устройств, потребляющие малые мощности, действия которых достаточно для уничтожения дрожжевых клеток.

## Выводы

Опытами установлено, что прямое воздействие разряда губительно действует на сусpenзированные в жидкости микроорганизмы, и жидкость, полученная после соответствующей электрогидравлической обработки, приобретает наведенную бактерицидность, не снижающуюся с течением времени. При этом, как правило, полностью разрушаются бактериальные клетки и даже отдельные их фрагменты. При соответствующем режиме обработки может быть разрушена любая из составляющих клеточной структуры.

Применение электрогидравлического эффекта позволяет решить задачу обеззараживания сточных вод при минимальных затратах.

## Литература

1. Лошицкий П.П., Косоголова Л.А., Попова Н.В. Влияние физических факторов на электроповерхностные явления в дисперсных системах // Электроника и связь. – 2004 г. – № 9. – С. 121 – 123.
2. Очистка сточных вод (Сборник статей под ред. Д.А. Сивцева) – М.: Изд. МГУ, 1999.–187с.
3. Лошицкий П.П., Тодосийчук Т.С., Шинкаренко Л.Н. Влияние нетеплового электромагнитного излучения на биосинтез молочно-кислых бактерий // Электроника и связь. – 1997 г. – Ч.1, № 2. – С. 120-126.
4. Техника і електрофізика високих напруг. Навчальний посібник. (За ред. В.О. Бржеziцького, В.М. Михайлова). – Харків: НТУ "ХПІ" – ТОВ "Торнадо", 2005. – 930 с.
5. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности.– Л.: Машиностроение. Лен. отделение, 1986.– 252 с.